

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

**10/527158**

REC'D 27 OCT 2003

WIPO

PCT

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 41 731.8

**Anmeldetag:** 11. September 2002

**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

**Bezeichnung:** Keramischer Körper mit einer homogenen  
Keramiksicht und Verfahren zum Herstel-  
len des keramischen Körpers

**IPC:** H 01 L, C 04 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprüng-  
lichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 15. September 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

Wallner



## Beschreibung

**Keramischer Körper mit einer homogenen Keramikschiicht und Verfahren zum Herstellen des keramischen Körpers**

5

Die Erfindung betrifft einen keramischen Körper mit mindestens einer im Wesentlichen homogenen Keramikschiicht. Daneben wird ein Verfahren zum Herstellen des keramischen Körpers angegeben.

10

Ein keramischer Körper der genannten Art und ein Verfahren zu dessen Herstellung sind aus US 6 260 248 B1 bekannt. Der keramische Körper ist ein Piezoaktor in Vielschichtbauweise.

15

Der Piezoaktor besteht aus einer Vielzahl übereinander angeordneter Keramikschiichten mit einem keramischen Material aus dotiertem Bleizirkonattitanat  $Pb(Zr,Ti)O_3$ . Zwischen zwei Keramikschiichten ist jeweils eine als Innenelektrode bezeichnete Elektrodenschicht aus einer Silber-Palladium-Legierung angeordnet.

20

Zum Herstellen des Piezoaktors wird eine Vielzahl von mit der Legierung bedruckten keramischen Grünfolien übereinander zu einem Stapel angeordnet. Die keramischen Grünfolien bestehen aus einer Grünkeramik. Die Grünkeramik ist eine noch nicht verdichtete Keramik und besteht aus pulverförmigem Bleizirkonattitanat und einem organischen Binder. Eine Schichtdicke der Grünfolie beträgt beispielsweise 100  $\mu m$ .

30

Der Stapel aus bedruckten Grünfolien wird verfestigt. Dazu wird der Stapel laminiert und nachfolgend einer Wärmebehandlung unterzogen. Die Wärmebehandlung umfasst ein

35

Entbindern der keramischen Grünfolien und ein nachfolgendes Sintern. Es resultiert der Piezoaktor in Vielschichtbauweise, wobei die einzelnen Keramikschiichten im Wesentlichen homogen sind. Der gesamte Piezoaktor ist dagegen inhomogen. Im Volumen des Piezoaktors sind die Innenelektroden aus der Silber-Palladium-Legierung angeordnet. Es gibt zumindest eine

erste Phase aus Bleizirkonattitanat und eine weitere Phase mit der Silber-Palladium-Legierung. Die einzelnen Phasen bilden jeweils eine chemische und physikalische Einheit. Beide Phasen sind nicht homogen über den gesamten Piezoaktor verteilt.

Allgemein ist eine Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer mechanischer Spannung in einem inhomogenen keramischen Körper relativ groß. Beispielsweise kommt es bei dem beschriebenen Piezoaktor an einer zwischen den unterschiedlichen Phasen vorhandenen Phasengrenze bei einer Polung oder im Betrieb des Piezoaktors zu mechanischen Spannungen, die in der Folge zu einem Mikroriss oder zu einer Ausbreitung eines bereits vorhandenen Mikrorisses und damit zu einem Ausfall des Piezoaktors führen können. Unterschiedliche Phasen, die ungleichmäßig über den inhomogenen keramischen Körper verteilt sind, können von unterschiedlichem keramischen Material oder von Einschlüssen gebildet werden. Denkbar ist auch, dass die Phasen aus keramischem Material gleicher Zusammensetzung aber jeweils unterschiedlicher Gefügestruktur bestehen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, aufzuzeigen, wie ein im Wesentlichen homogener keramischer Körper bereitgestellt werden kann.

Zur Lösung der Aufgabe wird ein keramischer Körper mit mindestens einer im Wesentlichen homogenen Keramikschiicht angegeben. Der keramische Körper ist dadurch gekennzeichnet, dass die Keramikschiicht eine Vielzahl von übereinander angeordneten homogenen Keramikteilschichten aufweist.

Zur Lösung der Aufgabe wird zudem ein Verfahren zum Herstellen des keramischen Körpers angegeben. Das Verfahren ist durch folgende Verfahrensschritte gekennzeichnet: a) Übereinander Anordnen der homogenen Keramikteilschichten zu

einem Stapel und b) Verfestigen des Stapels, wobei der keramische Körper mit der Keramikschicht gebildet wird.

Die grundlegende Idee besteht darin, den Keramikkörper beziehungsweise eine Keramikschicht des Keramikkörpers aus einer Vielzahl von homogenen Keramikteilschichten aufzubauen und so zu einem Keramikkörper mit einer homogenen Keramikschicht zu kommen. Die Keramikteilschichten können dabei gleiche oder unterschiedliche Teilschichtdicken aufweisen. Eine homogene Keramikteilschicht besteht beispielsweise aus einer einzigen Phase. Die Phase wird beispielsweise von einem einzigen keramischen Material gebildet, dessen Zusammensetzung ortsunabhängig. Dies bedeutet, dass kein Sprung und auch nahezu kein Gradient in der Zusammensetzung des keramischen Material in der Keramikteilschicht vorhanden ist. Denkbar ist aber auch, dass mehrere Phasen vorliegen. Beispielsweise besteht die Keramikschicht aus verschiedenen keramischen Materialien. Die keramischen Materialien sind über die gesamte Keramikteilschicht gleichmäßig verteilt. Es tritt keine Konzentrierung eines der keramischen Materialien auf. Darüber hinaus können auch keramische und nicht-keramische Phasen vorliegen. Diese nicht-keramische Phase ist beispielsweise ein organischer Binder einer Grünkeramik.

Die homogenen Keramikteilschichten sind derart übereinander angeordnet, dass die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer Fremdphase zwischen den Keramikteilschichten reduziert ist. Die Keramikschicht, die aus den homogenen Keramikteilschichten besteht, ist somit ebenfalls homogen. Die Keramikteilschichten können dabei durchaus voneinander abweichende Zusammensetzungen aufweisen. Beispielsweise sind alle Keramikteilschichten der Keramikschicht aus Bleizirkonattitanat. Die Keramikteilschichten können sich aber durch die Dotierung des Bleizirkonattitanats (Art und Anteil der Dotierung) von einander unterscheiden. So lässt sich beispielsweise ein Dotierungsgradient in der

Keramikschrift realisieren. Unbeeinflusst davon bleibt aber die Homogenität der Keramikschrift. Die gesamte Keramikschrift besteht aus Bleizirkonattitanat. Durch die Dotierungen wird das Kristallsystem des Bleizirkonattitanats  
5 nahezu nicht verändert.

Zum Herstellen des keramischen Körpers mit der homogenen Keramikschrift werden die homogenen Keramikteilschichten direkt übereinander angeordnet. Zwischen den  
10 Keramikteilschichten treten im Wesentlichen keine bleibenden Fremdphasen auf. Eine bleibende Fremdphase würde beispielsweise zwischen den Keramikteilschichten angeordnetes Elektrodenmaterial bilden, das durch das nachfolgende Verfestigen des Stapels nicht entfernt wird. Eine nicht-  
15 bleibende Fremdphase ist beispielsweise Luft, die beim Verfestigen des Stapels entfernt wird. Durch das Verfestigen des Stapels entsteht der keramische Körper mit der im Wesentlichen homogenen Keramikschrift.

20 Die homogene Keramikschrift zeichnet sich beispielsweise durch eine gleichmäßige Gefügestruktur aus. Dies führt zu einer Verbesserung bestimmter Eigenschaften des keramischen Körpers im Vergleich zu einem keramischen Körper mit einer inhomogenen Keramikschrift. Beispielsweise ist der keramische  
25 Körper ein piezoelektrischer Transformator. Eine geringe Anzahl an Poren, Einschlüssen, Fremdphasen oder anderen Defekten in der Keramikschrift führt bei dem piezoelektrischen Transformator beispielsweise zu einer relativ hohen Piezoaktivität. Zudem wird ein homogener  
30 Polungszustand realisiert, der zu einer gleichmäßigen mechanischen Belastung im Betrieb des Transformators führt. Es resultiert eine hohe Lebensdauer und eine hohe Zuverlässigkeit des Transformators.

35 In einer besonderen Ausgestaltung weist die Keramikteilschrift ein aus der Gruppe Grünkeraamik und/oder Sinterkeraamik ausgewähltes keramisches Material auf.

Sinterkeramik ist eine zumindest teilweise verdichtete Keramik. Grünkernik ist eine noch nicht verdichtete Keramik. Der keramische Körper kann als gesinterter keramischer Körper oder auch als Grünteil (nicht gesinterter keramischer Körper) vorliegen. Aus dem keramischen Körper in Form eines Grünteils wird ein gesinterter keramischer Körper hergestellt. Beispielsweise werden als homogene Keramikteilschichten zum Herstellen des keramischen Körpers in Form eines Grünteils keramische Grünfolien mit einer Grünkernik verwendet. Diese keramischen Grünfolien bestehen beispielsweise aus pulverförmigem keramischen Material und einem organischen Binder. Die Grünfolien bestehen aus homogen verteiltem keramischen und nicht-keramischen Material. Zum Herstellen der keramischen Grünfolien werden Standardverfahren wie Schlickerguss oder Foliengießen angewandt. Das pulverförmige keramische Material besteht beispielsweise aus kalzinierter Keramik.

Durch nachfolgendes Laminieren und Sintern des Stapels aus den Grünfolien entsteht der keramische Körper mit der homogenen Keramikschicht aus gesinterten homogenen Keramikteilschichten. Die Keramikteilschichten bestehen aus der Sinterkeramik.

In einer besonderen Ausgestaltung weist zumindest eine der Keramikteilschichten eine aus dem Bereich von einschließlich 5  $\mu\text{m}$  bis einschließlich 250  $\mu\text{m}$  ausgewählte Teilschichtdicke auf. Die Keramikteilschichten in Form von keramischen Grünfolien verfügen bei den angegebenen Teilschichtdicken über sehr feine pulverförmige keramische Materialien. Diese sehr feinen pulverförmigen keramischen Materialien führen zu einer verbesserten chemischen Homogenität der Grünfolie, einer höheren Sinteraktivität und damit zu einer bei tieferen Temperaturen stattfindenden Verdichtung der keramischen Materialien. Die Sintertemperatur ist relativ niedrig. Beim Herstellungsverfahren der keramischen Grünfolien mit den feinen Ausgangspulvern ist dabei eine sehr gute Entgasbarkeit und

Filtrierbarkeit eines für die Herstellung der keramischen Grünfolien benötigten Schlickers erreichbar. Es resultiert eine geringere Wahrscheinlichkeit für Defekte in dem herzustellenden keramischen Körper. Eine Korngrößenverteilung (Gefügestruktur) innerhalb einer aus einer keramischen Grünfolie hergestellten Keramikteilschicht ist gleichmäßig. Die aus den Keramikteilschichten bestehende Keramikschicht zeichnet sich ebenfalls durch diese gleichmäßige Korngrößenverteilung aus.

Das Verfestigen des Stapels aus den Grünfolien erfolgt beispielsweise durch Laminieren. Das Laminieren umfasst beispielsweise ein uniaxiales oder isostatisches Verpressen der keramischen Grünfolien des Stapels.

Das Verfestigen des Stapels umfasst insbesondere eine Wärmebehandlung des Stapels. Die Wärmebehandlung ist beispielsweise ein Entbindern der Grünkeramik. Insbesondere beinhaltet die Wärmebehandlung ein Sintern des Stapels.

In einer besonderen Ausgestaltung werden so viele keramische Grünfolien übereinander gestapelt, dass ein keramischer Körper mit einer Keramikschicht entsteht, die eine aus dem Bereich von einschließlich 10  $\mu\text{m}$  bis einschließlich 5 mm ausgewählte Gesamtschichtdicke aufweist. In Abhängigkeit von einer Anzahl von verwendeten Keramikteilschichten und deren Teilschichtdicken ist ein Keramikkörper mit einer sehr dünnen homogenen Keramikschicht zugänglich. Insbesondere kann der Keramikkörper aber auch eine sehr dicke, homogene Keramikschicht aufweisen. Es resultiert ein keramischer Volumenkörper mit einer relativ dicken homogenen Keramikschicht. Diese dicke homogene Keramikschicht weist insbesondere eine Gesamtschichtdicke von über 400  $\mu\text{m}$  auf. Im Vergleich zur Keramikschicht eines mit einem herkömmlichen Verfahren (Pressverfahren, Blocksinterung) hergestellten keramischen Volumenkörpers zeichnet sich aber die

Keramikschrift aus den Keramikteilschichten durch eine deutlich höhere Homogenität aus.

In einer weiteren Ausgestaltung ist an mindestens einem  
5 Oberflächenabschnitt der Keramikschrift mindestens eine  
Elektrodenschicht angeordnet. Vorzugsweise ist an mindestens  
einem weiteren Oberflächenabschnitt der Keramikschrift  
mindestens eine weitere Elektrodenschicht derart angeordnet,  
10 dass die Elektrodenschichten einander gegenüber liegend und  
die Keramikschrift zwischen den Elektrodenschichten  
angeordnet sind. Ein derartiger keramischer Körper ist  
beispielsweise ein Kondensator.

In einer weiteren Ausgestaltung ist mindestens eine der  
15 Elektrodenschichten zwischen der Keramikschrift und  
mindestens einer weiteren Keramikschrift angeordnet. Die  
Keramikschrift ist im Wesentlichen durch die weitere  
Keramikschrift abgedeckt. Die Elektrodenschicht ist durch die  
weitere Keramikschrift vergraben. Bei einem piezoelektrischen  
20 Bauteil ist die weitere Keramikschrift beispielsweise so  
ausgestaltet, dass eine elektrische und/oder mechanische  
Eigenschaft des Bauteils nicht oder nur kaum beeinflusst  
wird. Leistungsdaten des Bauteils bleiben erhalten. Die  
weitere Keramikschrift ist beispielsweise sehr dünn. Die  
weitere Keramikschrift kann dabei auch als sogenannte  
Pufferschicht fungieren. Dies ist beispielsweise dann  
vorteilhaft, wenn der keramische Körper in einer gegenüber  
dem Elektrodenmaterial der Elektrodenschicht reaktiven  
Atmosphäre eingesetzt wird. Beispielsweise wird der  
30 keramische Körper in einer Umgebung mit hoher  
Luftfeuchtigkeit eingesetzt. Als Folge davon könnten  
Migrationseffekte des Elektrodenmaterials, beispielsweise  
Silber-Migration, und elektrochemische Diffusionsprozesse  
auftreten. Eine erhöhte elektrische Leitfähigkeit des  
35 keramischen Körpers könnte daraus resultieren. Überschläge  
und Kurzschlüsse wären die Folge. Es ist insbesondere  
vorteilhaft, wenn die weitere Keramikschrift beim Sintern



gegenüber dem keramischen Material der Keramikschiht und Keramikteilschichten und gegenüber einer Sinterumgebung reaktionsträge ist.

- 5 Zur elektrischen Kontaktierung der Elektrodenschicht und der weiteren Elektrodenschicht bieten sich verschiedene Varianten an. Beispielsweise sind die Elektrodenschichten an voneinander getrennte, seitliche Oberflächenabschnitte des keramischen Körpers geführt. Zur elektrischen Kontaktierung  
10 der Elektrodenschichten wird an den Oberflächenabschnitten jeweils eine Außenmetallisierung angebracht. Das Anbringen der Außenmetallisierungen erfolgt beispielsweise in Dickschichttechnik oder durch Sputtern. Alternativ dazu kann zur elektrischen Kontaktierung in der die Elektrodenschicht  
15 abdeckenden weiteren Keramikschiht eine elektrische Durchkontaktierung (Via) vorgesehen sein. Die elektrische Durchkontaktierung ist ein mit elektrisch leitendem Material befülltes Durchgangsloch (Bohrung) in der weiteren  
20 Keramikschiht die darunter liegende Elektrodenschicht nicht ganz, sondern nur zum Teil abdeckt. Dadurch verbleibt ein frei zugänglicher Kontaktierungsbereich der Elektrodenschicht.
- 25 Das keramische Material ist beispielsweise ein Perowskit. Insbesondere ist das keramische Material eine Piezokeramik. Vorzugsweise ist die Piezokeramik ein Bleizirkonattitanat. In der Kombination des keramischen Körpers mit dem keramischen Material aus Bleizirkonattitanat zeichnet sich die Erfindung  
30 durch folgende besonderen Vorteile aus: Durch die Verwendung von dünnen keramischen Grünfolien mit dem pulverförmigen keramischen Material kann die Sintertemperatur unter 1.300° C gesenkt werden. Dies beinhaltet den Vorteil, dass bestimmte, während des Sinterns flüchtige Komponenten des  
35 Bleizirkonattitanats wie Bleioxid (PbO) oder Manganoxid (MnO) nicht in einer Stärke abdampfen, wie es bei dem vergleichbaren Blocksintern bei höheren Sintertemperaturen

auftreten würde. Zudem tritt bei niedrigeren Sintertemperaturen eine schädliche Reaktion mit einem Sinterhilfsmittel (beispielsweise eine Unterlegplatte oder einer Kapsel) nur in einem geringen Maß auf. Eine

5 Oberflächenschicht des Keramikkörpers oder der Keramikschicht, die mit dem Sintermittel während des Sinterns mit in Kontakt steht, bleibt weitgehend homogen. Die Oberflächenschicht wird nicht, wie beim Blocksintern bei erhöhten Temperaturen üblich, bis in eine Tiefe von 1 mm bis

10 3 mm zerstört. Nach dem Herstellen des keramischen Körpers muss die Oberflächenschicht nicht durch Schleifen, Sägen oder ähnliches abgetragen werden.

Besonders vorteilhaft im Zusammenhang mit Bleizirkonattitanat

15 sind die Elektroden-schicht und die weitere Keramikschicht. Jede dieser Schichten kann als Diffusionssperre für die genannten flüchtigen Bestandteile des Bleizirkonattitanats fungieren. Umgekehrt kann durch diese Schichten auch ein Eindiffundieren unerwünschter Fremdatome aus der Umgebung

20 unterbunden werden. Eine Zusammensetzung des Bleizirkonattitanats mit einem bestimmten Sauerstoffanteil oder einem bestimmten Anteil eines Dotierstoffs ändert sich nicht. Vorteilhaft steht während des Sinterns der keramische Körper über eine reaktionsträge weitere Keramikschicht mit den Sinterhilfsmitteln in Kontakt.

Insbesondere ist der keramische Körper aus der Gruppe piezoelektrischer Transformator oder piezoelektrischer Biegewandler ausgewählt. Denkbar ist aber auch jedes andere

30 keramische Bauteil, bei dem eine Keramikschicht mit einer entsprechenden Dicke hergestellt werden soll. Durch die Anwendung der Vielschichttechnik ist es möglich, den keramischen Körper mit einer homogenen Keramikschicht herzustellen.

35

Zusammenfassend ergeben sich mit der Erfindung folgende wesentlichen Vorteile:

- Es ist ein keramischer Körper mit einer im Wesentlichen homogenen Keramiksicht mit einer geringen Anzahl an Poren, Einschlüssen, Fremdphasen und anderen Defekten zugänglich. Die Keramiksicht verfügt über eine hohe Homogenität und gleichmäßige Gefügestruktur.

- Die hohe Homogenität und gleichmäßige Gefügestruktur führt zu einer verminderten Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Mikro- und Makrorissen bei einer mechanischen oder thermischen Belastung des keramischen Körpers. Ein Wachstum vorhandener Risse wird unterdrückt. Es resultieren eine lange Lebensdauer und hohe Zuverlässigkeit des keramischen Körpers.

- Beim Herstellen der Keramiksicht aus keramischen Grünfolien findet ein Verdichten bei einer relativ niedrigen Sintertemperatur statt. Eine niedrige Sintertemperatur führt zu einer gleichmäßigen Gefügestruktur. Die gleichmäßige Gefügestruktur tritt insbesondere auch in einem Randbereich (Oberflächenschicht) der Keramiksichten auf.

Anhand mehrerer Ausführungsbeispiele und der dazugehörigen Figuren wird die Erfindung im Folgenden näher erläutert. Die Figuren sind schematisch und stellen keine maßstabsgetreuen Abbildungen dar.

Figur 1 zeigt einen Ausschnitt eines Ausführungsbeispiels des keramischen Körpers in Form eines Transformators.

Figur 2 zeigt einen Ausschnitt eines Ausführungsbeispiels des keramischen Körpers in Form eines Biegewandlers.

Figuren 3A bis 3C zeigen verschiedene elektrische Kontaktierungsmöglichkeiten einer vergrabenen Elektroden-schicht des keramischen Körpers.

Figur 4 zeigt ein Verfahren zum Herstellen des keramischen Körpers.

5 Ausführungsbeispiel 1:

- Der keramische Körper 1 ist ein piezoelektrischer Transformator 11 (Figur 1). Der piezoelektrische Transformator 11 besteht aus einer im Wesentlichen homogenen
- 10 Keramikschrift 2, die an zwei gegenüber liegenden Oberflächenabschnitten 7 und 9 jeweils eine Elektrodenschicht 8 und 10 aufweist. Die homogene Keramikschrift 2 besteht aus einer Vielzahl von übereinander angeordneten homogenen
- 15 Keramikteilschichten 3. Die Keramikteilschichten 3 und damit die gesamte Keramikschrift 2 bestehen aus keramischem Material 6 in Form von Sinterkeramik. Der piezoelektrische Transformator 11 ist ein gesinterter keramischer Körper 1. Das keramische Material 6 ist Bleizirkonattitanat.
- 20 Jede der Keramikteilschichten 3 verfügt über eine Teilschichtdicke 4 von etwa 20  $\mu\text{m}$ . Übereinander sind 20 derartige Keramikteilschichten angeordnet. Der piezoelektrische Transformator 11 verfügt über eine homogene Keramikschrift 2 mit einer Gesamtschichtdicke 5 von etwa 500  $\mu\text{m}$ .

Ausführungsbeispiel 2:

- Gemäß einem weiteren, nicht dargestellten Ausführungsbeispiel
- 30 des Transformators 11 sind die Elektrodenschichten 8 und 10 entsprechend der Elektrodenschichten 8 und 10 des Biegewandlers 12 des zweiten Ausführungsbeispiels (vgl. Figur 2) unter weiteren Keramikschriften 13 vergraben.

## Ausführungsbeispiel 3:

Der keramische Körper 1 ist ein piezoelektrischer Biegewandler 12 (Figur 2). Im Vergleich zum vorher  
5 beschriebenen Transformator besteht die homogene Keramiksicht des Biegewandler aus fünf homogenen Keramikteilschichten mit Teilschichtdicken von etwa 20  $\mu\text{m}$ . Zur Maximierung der Auslenkung sind die Elektroden-schichten 8 und 10 bis an einen Rand der homogenen Keramiksicht 2 und  
10 damit an einen seitlichen Oberflächenabschnitt 17 des piezokeramischen Biegewandlers 12 geführt.

Die Elektroden-schichten 8 und 10 sind großflächig von jeweils einer weiteren Keramiksicht 13 abgedeckt. Die Schichtdicke  
15 der weiteren Keramiksichten 13 beträgt etwa 10  $\mu\text{m}$ . Die Elektroden-schichten 8 und 10 sind unter den weiteren Keramiksichten 13 vergraben. Dadurch kann der piezoelektrische Biegewandler 12 auch in einer feuchten, gegenüber dem Elektrodenmaterial der Elektroden-schichten 8  
20 und 10 reaktiven Umgebung mit einer hohen Langzeitstabilität eingesetzt werden.

## Ausführungsbeispiel 4:

25 Gemäß einem weiteren, nicht dargestellten Ausführungsbeispiel des Biegewandlers 12 sind die Elektroden-schichten 8 und 10 entsprechend der Elektroden-schichten 8 und 10 des Transformators 11 des ersten Ausführungsbeispiels nicht durch weitere Elektroden-schichten abgedeckt und frei zugänglich  
30 (vgl. Figur 1).

Zur elektrischen Kontaktierung der unter der weiteren Keramiksicht 13 verborgenen Elektroden-schicht 8 oder 10 ist gemäß einer ersten Ausführungsform an dem seitlichen  
35 Oberflächenabschnitt 17 des Transformators 11 beziehungsweise des Biegewandlers 12 eine Außenmetallisierung 14 durch Sputtern angebracht (Figur 3A). In einer zweiten

Ausführungsform erfolgt die elektrische Kontaktierung mit Hilfe einer elektrischen Durchkontaktierung 15 (Figur 3B). Gemäß einer dritten Ausführungsform erfolgt die elektrische Kontaktierung über einen frei zugänglichen, nicht durch die weitere Keramiksicht 13 abgedeckten freien Kontaktierungsbereich 16 der jeweiligen Elektroden-schicht 8 und 10 (Figur 3C).

Zum Herstellen des piezoelektrischen Transformators beziehungsweise des piezoelektrischen Biege-wandlers werden als Ausgangspunkt homogene Keramikt-eilschichten in Form keramischer Grünfolien mit einer Grün-keramik verwendet. Die keramischen Grünfolien werden übereinander zu einem Stapel angeordnet (18, Figur 4). Dazu wird eine Matrize verwendet, um ein genaues Übereinanderstapeln der keramischen Grünfolien zu ermöglichen. Nachfolgend wird der Stapel verfestigt (19, Figur 4). Dies erfolgt unter einachsigen Verpressen des Stapels (Laminieren). In einer alternativen Ausgestaltung erfolgt die Verfestigung durch das Anwenden von isostatischem Druck. Nach dem Laminieren wird der Stapel einer Wärmebehandlung unterzogen. Die Wärmebehandlung umfasst dabei ein Entbindern und ein nachfolgendes Sintern.

## Patentansprüche

1. Keramischer Körper (1) mit mindestens einer im Wesentlichen homogenen Keramikschrift (2),  
5 **dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Keramikschrift (2) eine Vielzahl von übereinander angeordneten homogenen Keramikteilschichten (3) aufweist.
- 10 2. Keramischer Körper nach Anspruch 1, bei dem die Keramikteilschichten (3) ein aus der Gruppe Grünkera-  
und/oder Sinterkeramik ausgewähltes keramisches Material (6) aufweisen.
- 15 3. Keramischer Körper nach Anspruch 1 oder 2, bei dem  
zumindest eine der Keramikteilschichten (3) eine aus dem Bereich von einschließlich 5  $\mu\text{m}$  bis einschließlich 250  $\mu\text{m}$  ausgewählte Teilschichtdicke (4) aufweist.
- 20 4. Keramischer Körper nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem die Keramikschrift (2) eine aus dem Bereich von  
einschließlich 10  $\mu\text{m}$  bis einschließlich 5 mm ausgewählte Gesamtschichtdicke (5) aufweist.
- 25 5. Keramischer Körper nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem an mindestens einem Oberflächenabschnitt (7) der  
Keramikschrift (2) mindestens eine Elektrodenschicht (8) angeordnet ist.
- 30 6. Keramischer Körper nach Anspruch 5, bei dem an  
mindestens einem weiteren Oberflächenabschnitt (9) der Keramikschrift (2) mindestens eine weitere  
Elektrodenschicht (10) derart angeordnet ist, dass die Elektrodenschichten (8, 10) einander gegenüber liegend  
35 und die Keramikschrift (2) zwischen den Elektrodenschichten (8, 10) angeordnet sind.

7. Keramischer Körper nach Anspruch 5 oder 6, bei dem mindestens eine der Elektrodenschichten (8, 10) zwischen der Keramiksicht (2) und mindestens einer weiteren Keramiksicht (13) angeordnet ist.
- 5 8. Keramischer Körper nach einem der Ansprüche 2 bis 7, bei dem das keramische Material (6) eine Piezokeramik aufweist.
- 10 9. Keramischer Körper nach Anspruch 8, bei dem die Piezokeramik (6) ein Bleizirkonattitanat ist.
- 15 10. Keramischer Körper nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei der Körper (1) aus der Gruppe piezoelektrischer Transformator (11) oder piezoelektrischer Biegewandler (12) ausgewählt ist.
- 20 11. Verfahren zum Herstellen eines keramischen Körpers nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **gekennzeichnet durch** folgende Verfahrensschritte:
- a) Übereinander Anordnen der homogenen Keramikteilschichten zu einem Stapel und
- b) Verfestigen des Stapels, wobei der keramische Körper mit der Keramiksicht gebildet wird.
- 30 12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei als homogene Keramikteilschichten keramische Grünfolien mit einer Grünkeramik verwendet werden.
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, wobei das Verfestigen des Stapels ein Laminieren umfasst.
- 35 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, wobei das Verfestigen des Stapels eine Wärmebehandlung des Stapels umfasst.



## Zusammenfassung

**Keramischer Körper mit einer homogenen Keramikschiicht und  
Verfahren zum Herstellen des keramischen Körpers**

5

Die Erfindung betrifft einen keramischen Körper (1) mit mindestens einer im Wesentlichen homogenen Keramikschiicht (2). Die homogene Keramikschiicht (2) weist eine Vielzahl von übereinander angeordneten homogenen Keramikteilschiichten (4)

10

auf. Zum Herstellen des keramischen Körpers werden beispielweise homogene Keramikteilschiichten in Form von keramischen Grünfolien übereinander gestapelt, entbindert und gesintert. Der keramische Körper kann im Vergleich zu einem üblichen Blocksintern bei einer niedrigeren Sintertemperatur

15

verdichtet werden. Die Keramikschiicht des keramischen Körpers weist darüber hinaus eine geringe Anzahl an Poren, Einschlüssen, Fremdphasen und anderen Defekten auf und verfügt über eine hohe Homogenität. Der keramische Körper ist insbesondere ein piezoelektrischer Biegewandler (12) oder ein

20

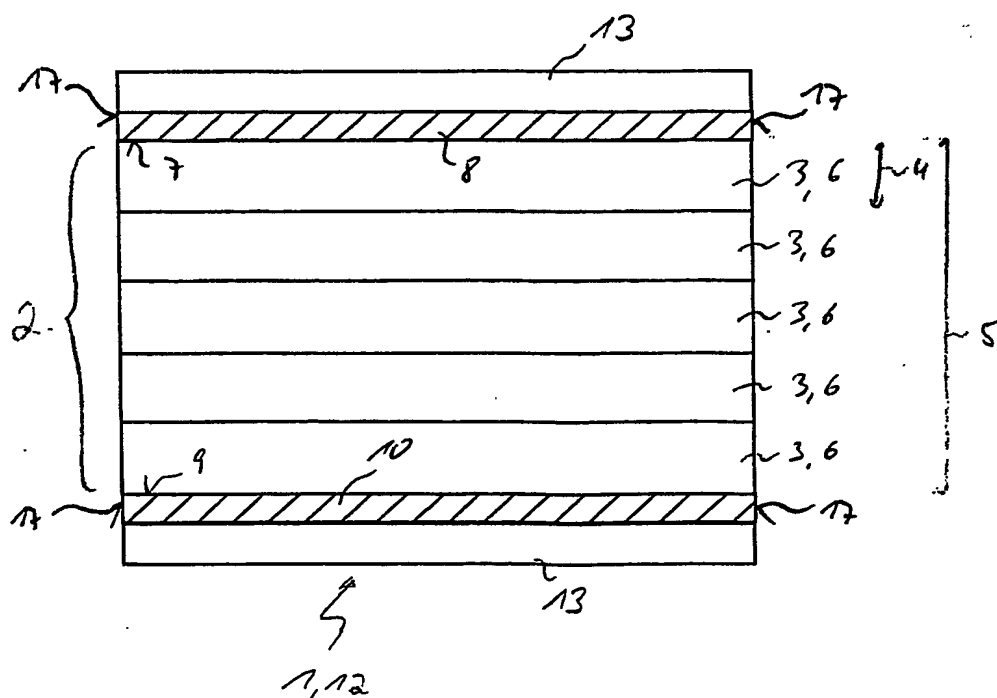
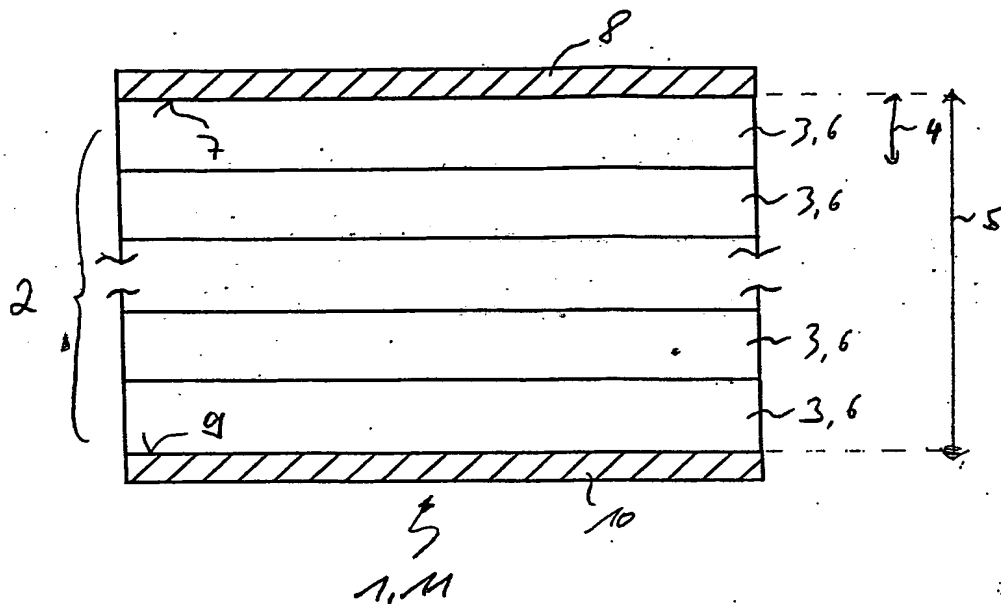
piezoelektrischer Transformator (11). Vorteilhaft weisen der Biegewandler oder der Transformator zur elektrischen Ansteuerung Elektroden (8) auf, die unter einer weiteren Keramikschiicht (13) vergraben sind. Die weitere Keramikschiicht und/oder die Elektrodenschicht dienen als

25

Diffusionsbarriere. Beim Sintern verarmt die homogene Keramikschiicht nicht an leicht flüchtigen Bestandteilen und bei einem Einsatz in feuchter Umgebung wird die Diffusion von Feuchtigkeit in die homogene Keramikschiicht unterbunden.

30   Figur 1

1/2



2/2

FIG 3A

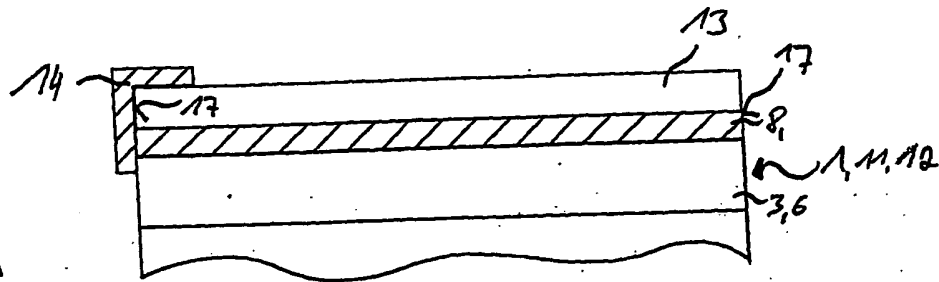


FIG 3B

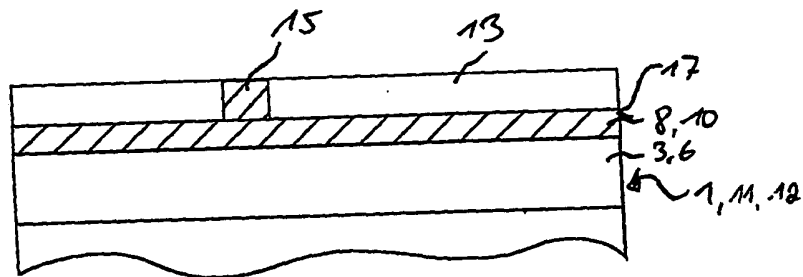


FIG 3C

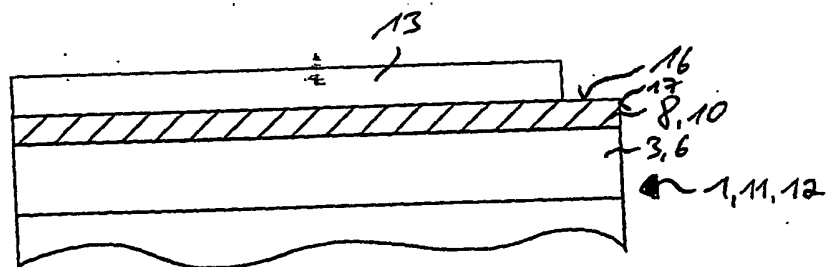
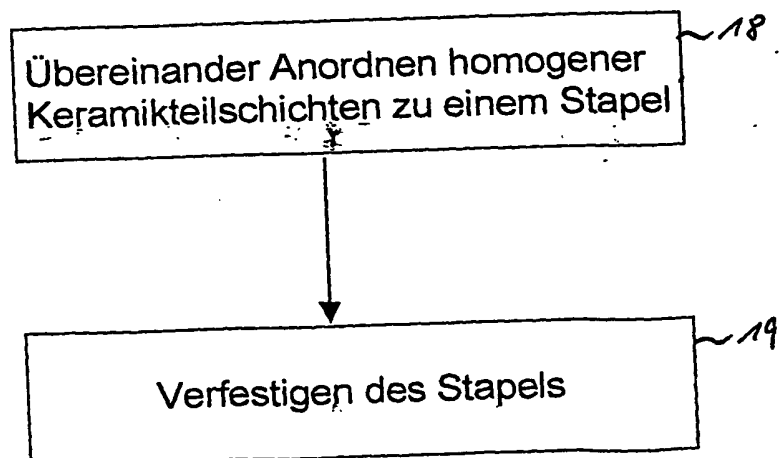


FIG 4



PCT Application

**DE0302776**



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**